

Artur Gomes Souza

O Ensino de Física e a Ordenação de Conteúdos nos Livros Didáticos: Uma Análise Crítica dos Conceitos da Mecânica.

Orientadora: Ligia de Farias Moreira

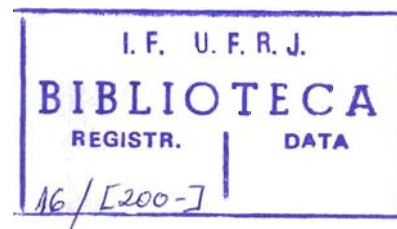
Banca:

FRANCISCO ARTUR BRAWN CHAVES

MARCOS BINDERLY GASPAR

JOSE EDUARDO RAMALHO DANTAS

16/[200-]



Dedicatória

Dedico esta monografia à minha namorada, porque foi pensando nela, pensando em nós, é que eu tive força de vontade para terminar esse trabalho.

Sempre que eu sentava para trabalhar nessa monografia, era pensando no nosso futuro juntos. Eu amo você!

Agradecimentos

Agradeço a minha avó, minha mãe, meu pai, meus irmãos, minha sogra, minha namorada, e toda família que me cobrou para que eu me esforçasse para terminar esse trabalho.

Agradeço também a todos os alunos que tive até hoje, que me ajudaram a localizar suas dificuldades e basear esse trabalho nelas.

Agradeço aos professores que tive, não só os de física, mas todos, porque eles me ajudaram a me tornar a pessoa que sou hoje.

Agradeço a minha orientadora, professora Ligia, e aos professores da banca, por me ajudarem no meu trabalho.

Agradeço por último aos grandes mestres que escreveram os livros nos quais me baseei para tentar identificar a origem das dificuldades dos professores e alunos no ensino e na aprendizagem da física.

Sumário

Capítulo 1 – Introdução ...1

Capítulo 2 – Materiais e Métodos ...3

Capítulo 3 – Levantamento com os Licenciandos ...4

Capítulo 4 – Análise dos Livros ...8

4.1 – Os Fundamentos da Física Volume 1 – Mecânica [RAMALHO]...9

4.1.1 – Análise Preliminar ...9

4.1.2 – Sequência Didática ...10

4.1.3 – Definições Conceituais ...10

4.2 – Conexões Com a Física Volume 1 [SANT'ANNA] ...13

4.2.1 – Análise Preliminar ...13

4.2.2 – Sequência Didática ...13

4.2.3 – Definições Conceituais ...15

4.3 – Curso de Física – Volume 1 [MÁXIMO] ...17

4.3.1 – Análise Preliminar ...17

4.3.2 – Sequência Didática ...18

4.3.3 – Definições Conceituais ... 19

4.4 – Física Ciência e Tecnologia – Volume 1 [TORRES] ...22

4.4.1 – Análise Preliminar ...22

4.4.2 – Sequência Didática ...22

4.4.3 – Definições Conceituais ...23

4.5 – Comparação ...25

Capítulo 5 – A Proposta ...26

5.1- LIVRO: GREF - LEITURAS DE FÍSICA GREF – [GREF, 1998]...28

5.1.1 – Análise Preliminar ...28

5.1.2 – Sequência Didática ...29

5.1.3 – Definições Conceituais ...30

5.1.4 – Considerações ...32

5.2 - Apresentação da proposta...33

5.2.1 - Momento Linear e Sua Conservação ...33

5.2.2. – Impulso ...34

5.2.3. – Força e Leis de Newton ...35

5.2.4 – Energia Cinética ...36

5.2.5. – Energias Potenciais / Energia Mecânica ...36

5.2.6. – Trabalho ...36

5.2.7. – Potência ...37

Capítulo 6 – Exemplificando a Proposta ...38

6.1 – Energia e Trabalho ...38

6.1.1 – Energia Cinética ...39

6.1.2 – Energia Potencial ...40

6.1.2.1 – Energia Potencial Gravitacional ...41

6.1.2.2 – Energia Potencial Elástica ...43

6.1.3 – Energia Mecânica ...44

6.1.4 – Trabalho ...45

6.1.4.1 - Trabalho das Forças Peso e Elástica ...46

Capítulo 7 – Considerações Finais ...47

Referências Bibliográficas ...48

1 – INTRODUÇÃO

Não são poucas as dificuldades que os professores dos ensinos fundamental e médio encontram em salas de aula atualmente, diversos fatores causadores desses problemas de ensino e aprendizagem são bem conhecidos por todos: má formação de professores, falta de estrutura e suporte aos professores nas escolas, métodos ultrapassados de ensino, currículos pouco interessantes, entre outros.

Outra causa que não aparece tanto na mídia é a qualidade dos livros didáticos disponíveis aos professores, e é dela que esse trabalho pretende tratar, especificamente dos livros de física.

O livro didático é uma ferramenta importantíssima no processo de ensino e aprendizagem. Em primeiro lugar porque quase todos os professores adotam o livro texto como principal (e muitas vezes única) bibliografia para seu curso. Além disso, o livro texto muitas vezes serve para complementar a formação deficiente do professor. *“É comum o professor repetir literalmente na aula o que está no livro porque não domina o conteúdo; só sabe aquilo que está ali e preparou sua aula praticamente decorando o que está no livro.”*(Marco Antonio Moreira e Rolando Axt, 1986, O livro didático como veículo de ênfases curriculares no ensino de física.)

Falando especificamente da física, é evidente a dificuldade que os alunos, das escolas de hoje, nos ensinos fundamental e médio apresentam na compreensão dos conteúdos. Uma das razões para observarmos tal quadro, possivelmente, é que os conceitos da física para a maior parte dos alunos não passem de um amontoado de fórmulas vazias sem nenhum significado.

O objetivo do trabalho é sugerir uma abordagem alternativa dos conceitos da física na parte do ensino da mecânica pelos livros didáticos, de forma a facilitar um entendimento teórico dos conceitos, e que fique mais evidenciado o significado físico das grandezas, como sugere o PCN:

“A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a

partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. Isso implica, também, na introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão, que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas.” (BRASIL, 2002).

Esse trabalho pretende analisar como e em que sequência os livros de ensino médio apresentam alguns conceitos físicos da Mecânica: Trabalho, Energia, Força, Momento Linear e Impulso.

Os objetivos da análise são: refletir se essa sequência é eficaz no sentido de aproveitar o potencial dos alunos e fazer com que eles entendam os conceitos estudados; após a análise, será apresentada uma sugestão de sequência alternativa no ensino de tais conceitos, que evidenciaria o elo que há entre eles, podendo, talvez, ser melhor recebida pelos estudantes.

O principal alvo do trabalho são os atuais e futuros professores e autores de livros didáticos de física para o ensino médio, para que haja uma reflexão sobre uma possível reforma na estrutura básica dos livros e do ensino.

2 – MATERIAIS E MÉTODOS

O principal material utilizado serão os livros didáticos atualmente usados no Ensino Médio, mas será usado também o livro do G.R.E.F. e o resultado de um levantamento feito com estudantes de licenciatura do instituto de física da UFRJ. Também serão utilizados 2 textos sobre a análise de livros didáticos sob a luz das ênfases curriculares.

Primeiramente, apresentaremos os resultados de um levantamento feito com os licenciandos em física sobre como eles definem algumas grandezas que encontramos no estudo da dinâmica, e faremos uma análise dos resultados.

Antes de analisar os livros de ensino médio, vamos estabelecer que critérios serão usados para realizar essa análise, serão 5 critérios extraídos ou baseados nos trabalhos “Livros Didáticos – Análise e Seleção, de Beatriz Alvarenga, 2001”, “O livro didático como veículo de ênfases curriculares no ensino de física, de Marco Antonio Moreira e Rolando Axt. 1986”.

Depois disso, descreveremos a sequência de ensino utilizada nos livros clássicos, acompanhada de citações e observações de como e quando são definidos os conceitos relativos ao estudo da mecânica em cada um deles. Feito isso, compararemos esses livros, ressaltando o enfoque de cada um, analisando as semelhanças e diferenças sequenciais e conceituais.

Apresentaremos então a proposta de uma sequência alternativa de ensino. A apresentação consiste em um resumo da sequência sugerida, seguida por uma descrição de como cada conceito seria introduzido e definido. Simultaneamente, haverá considerações sobre o porquê desta ordem de ensino, ressaltando as vantagens que ela traria. A proposta será baseada no livro do GREF e no trabalho “Uma sequência lógica e conceitual do ensino de mecânica”, (Cláudio Rejane da Silva Dantas e Francisco Augusto Silva Nobre), publicado no XVII SNEF, 2007.

Haverá então um capítulo exemplificando como seria a estrutura de um livro que seguisse essa proposta. Faremos finalmente considerações sobre essa sequência alternativa, com um resumo das vantagens por ela proporcionada.

3 – LEVANTAMENTO COM OS LICENCIANDOS

Foi feita uma pesquisa com 46 estudantes da Licenciatura em Física da UFRJ, entre o primeiro e o sétimo período, questionando qual seria a melhor definição, segundo eles, de alguns conceitos físicos, Quantidade de Movimento, Impulso, Força, Energia Cinética e Trabalho. A pergunta era: “Para você, qual a melhor maneira de definir as seguintes grandezas físicas?” e em seguida uma lista com as grandezas mencionadas. O resultado obtido foi o seguinte:

Quantidade de movimento:

Não sei definir/branco: 9

$Q=m.V$, ou produto da massa pela velocidade: 24

Grandeza que mede o quanto movimento o corpo possui/similares: 2

Uma grandeza/propriedade que relaciona massa e velocidade: 2

Definições erradas ou confusas : 9

Esses resultados podem ser melhor visualizados na figura 3.1.

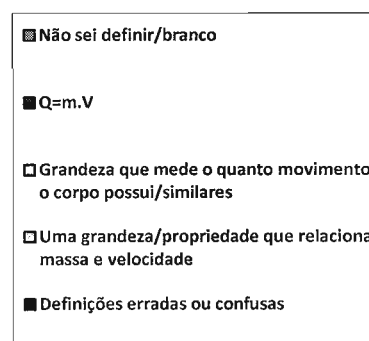
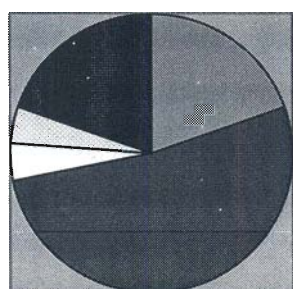


Figura 3.1 = Gráfico sobre respostas sobre conceito de quantidade de movimento

Impulso:

Não sei definir/branco: 5

$I=F.t/I=F.\Delta t$ /produto da fora pelo tempo: 12

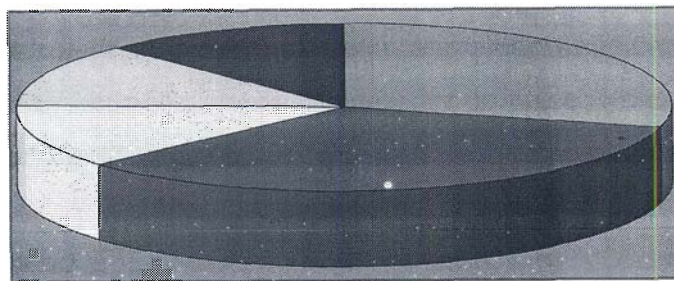
Variação da quantidade de movimento ou $I=\Delta Q$ ou $I=\Delta P$: 14

É uma força aplicada em um corpo/total da força/ similares: 5

Mudança de velocidade /mudança de velocidade causada por força: 5

Definições claramente erradas: 5

Esses resultados podem ser melhor visualizados na figura 3.2.



- $I = F \cdot t$
- Variação da quantidade de movimento
- É uma força aplicada em um corpo/total da força/ similares
- Mudança de velocidade /mudança de velocidade causada por força
- Definições claramente erradas

Figura 3.2: gráfico sobre o conceito de impulso

Força:

Não sabe definir: 5

Rompe a inércia/altera velocidade/ similares: 8

Interação entre corpos: 2

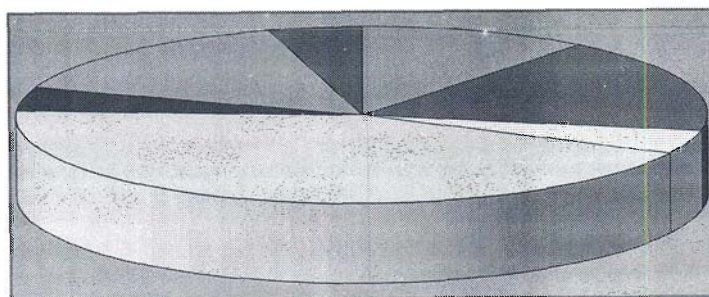
$F = m \cdot a$: 20

Uma aceleração exercida sobre uma massa: 2

$F = I/\Delta t$ ou similares: 7

Definições claramente erradas: 2

Esses resultados podem ser melhor visualizados na figura 3.3.



- Não sabe definir
- Rompe a inércia/altera velocidade/ similares
- Interação entre corpos
- $F = m \cdot a$
- Uma aceleração exercida sobre uma massa
- $F = I/\Delta t$
- Definições claramente erradas

Figura 3.3: gráfico sobre o conceito de força

Energia Cinética:

Não sabe definir: 4

$E_c = M \cdot v^2 / 2$: 18

Energia do Movimento dos corpos ou similares: 20

É o trabalho mecânico realizado por um corpo: 1

Definições claramente erradas: 3

Esses resultados podem ser melhor visualizados na figura 3.4.

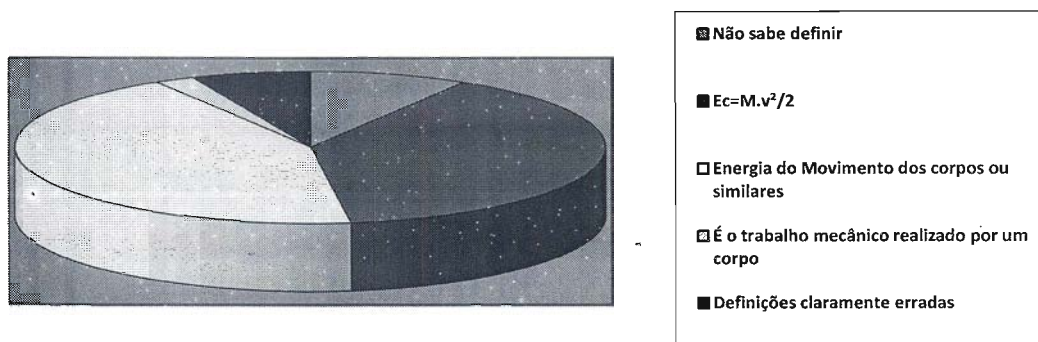


Figura 3.4: gráfico sobre conceito de energia cinética

Trabalho:

Não sabe definir: 4

Transformação de energia: 2

$T = F \cdot d$ ou $F \cdot d \cdot \cos \theta$: 23

É uma força feita durante um deslocamento ou similares: 2

É a energia dada/retirada de um corpo ou variação de energia ou similares: 10

Esforço físico: 2

Definições claramente erradas: 3

Esses resultados podem ser melhor visualizados na figura 3.5.

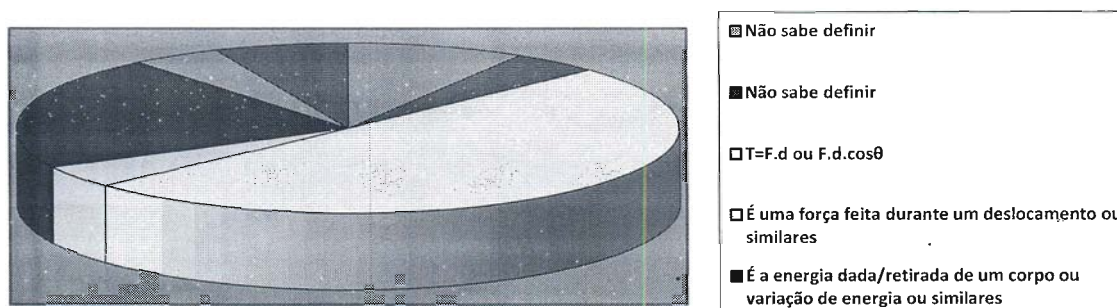


Figura 3.5: Gráfico sobre conceito de trabalho

Analisando os resultados, é possível perceber que a definição matemática é muito mais citada que a definição conceitual, principalmente quando se trata das grandezas, Força, Quantidade de Movimento e Trabalho. Um dos motivos para isso, possivelmente, é a estrutura dos livros didáticos. *“Outros autores, sobretudo os mais recentes, abandonam totalmente aquele rigor, dando pouca ênfase a como eles foram estabelecidos, apresentando a física como um amontoado de fórmulas, cujos significados não são devidamente esclarecidos. O ensino dessa ciência é, então, reduzido à resolução de exercícios, quase que exclusivamente de substituição de valores numéricos naquelas fórmulas, as quais deverão ser combinadas, como um “quebra-cabeças”.*” (Livro Didático – Análise e Seleção, Beatriz Alvarenga, 2001)

O fator mais preocupante nesses resultados é que ele não foi feito entre estudantes do ensino médio, mas entre estudantes de licenciatura em Física, que, teoricamente, são os alunos que gostavam de física no ensino médio, e tem um entendimento maior do conteúdo que a média. Se para esses alunos as grandezas físicas são um amontoado de fórmulas, que tipo de entendimento podemos esperar de alunos com menos facilidade e interesse pelo mundo da física? Certamente algo tão ou mais vazio de significação.

Vale lembrar também que as pessoas que responderam a enquete são futuros professores. Se um professor que não enxerga o caráter conceitual das grandezas físicas, é muito difícil que seus alunos consigam enxergá-lo.

4- ANÁLISE DOS LIVROS

Para analisar os livros utilizaremos 5 critérios, os 4 primeiros serão extraídos do texto “Livros Didáticos – Análise e Seleção, de Beatriz Alvarenga, 2001”, e o último será um critério próprio do trabalho, baseado em um critério da mesma obra mencionada e adaptado de acordo com 2 ênfases curriculares mencionadas em “O livro didático como veículo de ênfases curriculares no ensino de física, de Marco Antonio Moreira e Rolando Axt. 1986”.

Os critérios analisados serão: “relacionamento com o cotidiano”, “tratamento matemático”, “aspectos experimentais”, “exercícios e problemas”, e “sequência didática”.

Farei um resumo, praticamente transcrevendo pequenos trechos do trabalho de Beatriz Alvarenga, dos 4 primeiros critérios de análise e farei uma descrição mais detalhada e extensa do que pretendo com o último critério, que é o ponto principal do trabalho, e que não é mencionado nos trabalhos citados, porém há aspectos.

Relacionamento com o cotidiano: Os estudantes devem ser levados a perceber que os modelos dos quais os pesquisadores lançam mão para descrever a natureza são aproximações válidas em determinados contextos, mas que não constituem uma verdade absoluta. É também importante que os alunos saibam diferenciar quais conceitos físicos são modelos e quais fazem referência direta à realidade.

Tratamento matemático: É preciso equilibrar a quantidade de demonstrações matemáticas de fórmulas e teoremas. É evidente que a matemática é uma ferramenta importante para o desenvolvimento da física e que exercícios numéricos são bons para ajudar o aluno a melhor compreender conceitos e suas aplicações, mas esses recursos devem ser empregados de maneira equilibrada, adequada aos alunos, e não visando um adestramento do estudante.

Aspectos experimentais: Uma abordagem dos conteúdos ressaltando o caráter experimental da física, e a sugestão de experiências que os alunos poderão realizar (mesmo em casa) são aspectos importantes em um livro texto. Contribuir para

criar entre os alunos o hábito de experimentar explorando o seu cotidiano, isto é, de utilizar como laboratório o ambiente com o qual interage e como equipamentos objetos de seu dia a dia, são também características a serem buscadas nos livros didáticos.

Exercícios e problemas: Analisar a qualidade, quantidade, variedade e distribuição dos exercícios. Exercícios propostos sempre na mesma forma, abuso de exercícios repetitivos, e exercícios que exijam raciocínio muito complicado, além da capacidade dos alunos, problemas numéricos cujos dados ou resultados estejam muito afastados dos valores reais e enunciados pouco claros são pontos que merecem atenção no processo de análise.

Sequência didática: Esse critério é baseado nas ênfases curriculares “*fundamentação sólida*”, “*explicações corretas*” e “*estrutura da ciência*”, descritas por Marco Antonio Moreira e Rolando Axt em “*O Livro Didático como veículo de ênfases curriculares no ensino de física.*”. A ideia é analisar se as definições são corretas e claras, de modo a não gerar insegurança nem vagueza no entendimento do conceito, e se esse conceito ajudará o aluno a entender os próximos conceitos estudados. Diferente do que é dito na ênfase da “*fundamentação sólida*”, que “*o ensino de ciências em cada nível de escolarização deve servir de base para a aprendizagem de ciências no próximo nível.*”, a sugestão é que ele sirva de base também para o que se ensinará logo em seguida, no mesmo nível de escolarização, criando um elo entre os conceitos físicos para que os estudantes entendam a estrutura unificada dessa ciência.

4.1 LIVRO: OS FUNDAMENTOS DA FÍSICA – VOLUME 1 – MECÂNICA (RAMALHO/NICOLAU/TOLEDO [RAMALHO, 2004])

4.1.1 ANÁLISE PRELIMINAR

Esse livro valoriza muito a parte matemática e de resolução de problemas da física. Ele dá muitas demonstrações matemáticas das fórmulas, destaca as fórmulas em todos os seus capítulos e apresenta uma grande variedade de exercícios para a aplicação de fórmulas, e é dito um dos melhores para estudar para o vestibular. As definições de praticamente todas as grandezas são puramente matemáticas, o livro não se preocupa com experimentos ou qualquer

outra forma de fazer alguma ligação entre a física e o mundo real, e nem em estabelecer ligações entre os conceitos estudados.

4.1.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA:

O livro segue a sequência tradicional, estuda toda a cinemática para depois estudar Força, Trabalho, Energia, Impulso e Quantidade de movimento.

Parte 1: Introdução à física

Parte 2: Cinemática Escalar: Introdução ao movimento; Movimento uniforme; Movimento Uniformemente Variado; Movimento Vertical no Vácuo; Gráficos de MU e MUV;

Parte 3: Cinemática Vetorial: Vetores; Velocidade e aceleração vetoriais; Lançamentos; Movimentos Circulares;

Parte 4: Forças e Dinâmica: Princípios; Força de Atrito; Forças em trajetórias curvilíneas;

Parte 5 : Princípios da conservação: Trabalho; Energia; Impulso e Quantidade de Movimento;

Parte 6: Gravitação

Parte 7: Estática; Hidrostática e Hidrodinâmica

4.1.3. DEFINIÇÕES CONCEITUAIS

Capítulo 11: “Forças em Dinâmica”

No item 11.3 é definido o princípio de inércia como: “*Um ponto material isolado está em repouso ou em movimento retilíneo uniforme*” e “*Força é a causa que produz variação de velocidade e, portanto, aceleração.*”[RAMALHO, 2004]

Essa definição de força, embora correta e muito recorrente pode ser facilmente confundida com a definição de Impulso. Além disso, tem a desvantagem que, para definir dessa maneira, é preciso antes ter definido aceleração no estudo da cinemática.

Capítulo 14 : “Trabalho”

No item 14.1, na Introdução, podemos ler “Em física, trabalho está associado a forças, e não a corpos(...) A noção de trabalho será apresentada em etapas, pelas dificuldades matemáticas que envolve. De início veremos trabalho de uma força constante em dois casos particulares: paralela e não paralela ao deslocamento. A seguir analisaremos o caso geral: forças e deslocamentos quaisquer” [RAMALHO, 2004]

Isso é o mais perto de uma definição de trabalho que o livro chega. Depois disso ele ensina a calcular o trabalho de uma força constante paralela ao deslocamento e descobrir se o trabalho é motor ou resistente (item 14.2); calcular o trabalho de uma força constante não paralela ao deslocamento (no item 14.3); calcular o trabalho de uma força qualquer (no item 14.4). Tudo sem mencionar qualquer definição da grandeza trabalho. Isso é seguido por uma lista de exercícios.

No item 14.5 ensina-se a calcular trabalho da força peso e da força elástica, também seguido por uma lista de exercícios. No 14.6 se define e ensina a calcular a potência de um trabalho e sua unidade de medida; e no 14.7 é definido rendimento.

Capítulo 15: “Energia”

Não há nenhuma definição de energia. No cap. 15.2 (energia cinética), se define a aceleração de um corpo a partir da equação de Torricelli, e usando a segunda lei de Newton, se obtém $F \cdot d = m \cdot (v_1)^2/2 - m \cdot (v_2)^2/2$.

Daí se diz: “(...) as parcelas $(m \cdot v^2/2)$, presentes no segundo membro. Representam uma grandeza escalar chamada Energia Cinética(...)” e “A variação da energia cinética de um corpo entre dois instantes é medida pelo trabalho da resultante das forças entre os instantes considerados.”[RAMALHO, 2004]

Nessa última frase nota-se que é usada a palavra “medida”, deixando-se entender que isso não é uma definição, mas apenas um método para se calcular a

variação da energia cinética. O livro define, então, a variação de uma grandeza sem significado, como sendo igual à outra grandeza também sem significado.

De maneira parecida, no Cap. 15.3 (Energia Potencial Gravitacional e Energia potencial elástica), são definidas as energias potenciais gravitacional e elástica, através do trabalho das forças peso e elástica.

Capítulo. 16: “Impulso e Quantidade de Movimento”

No item 16.2 a definição de impulso é dada como: “*Considere uma força constante F atuando num ponto material durante um intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$. O impulso I dessa força constante nesse intervalo de tempo é a grandeza vetorial dada por $I = F \cdot \Delta t$.*” [RAMALHO, 2004]. Diz-se então a unidade, demonstra que o impulso pode ser calculado pela área do gráfico $F \cdot t$, e depois uma lista de exercícios, sem dar nenhuma definição não matemática a essa grandeza.

No item 16.3 também a definição de quantidade de movimento é dada pela equação matemática. “*Considere um corpo de massa m com velocidade v num determinado referencial. A Quantidade de Movimento, ou Momento Linear, desse corpo é a grandeza vetorial dada por $Q = m \cdot v$.*” [RAMALHO, 2004].

Dá-se a unidade de medida e exercícios, sem mencionar relação com impulso.

No item 16.4 sobre o Teorema do Impulso usa-se a segunda lei de Newton para provar que impulso e variação da quantidade de movimento são grandezas equivalentes e diz-se: “*O impulso da força resultante num intervalo de tempo é igual a variação da quantidade de movimento do corpo no mesmo intervalo de tempo.*” [RAMALHO, 2004]. Depois se demonstra que as unidades $N \cdot m$ e $Kg \cdot m/s^2$ são grandezas também equivalentes.

O problema dessa abordagem é definir dois conceitos através apenas de equações matemáticas, e como se eles não tivessem nenhuma conexão, para depois estabelecer uma relação entre os dois. Nesse capítulo fica uma impressão de que são

conceitos independentes que, por acaso, são equivalentes, quando na verdade a definição de impulso é a variação da quantidade de movimento que se dá a um corpo.

Nos capítulos seguintes se fala da conservação da quantidade de movimento e se estudam colisões.

4.2 LIVRO: CONEXÕES COM A FÍSICA – VOLUME 1 - (SANT'ANNA, 2004)

(BLAIDI SANT'ANNA/ GLÓRIA MARTINI/ HUGO CARNEIRO REIS/ WALTER SPINELLI)

4.2.1 – ANÁLISE PRELIMINAR

Esse é um livro bem balanceado na questão do enfoque. Ele se preocupa em dar definições conceituais, mas sem abandonar as definições matemáticas, tenta fazer conexões entre os conceitos estudados, dá muitos exemplos do cotidiano, e não deixa a desejar na questão de exercícios. A única parte que não é bem focada é de sugestão de experimentos.

4.2.2 – SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Também segue a mesma sequência clássica, mas, diferente de alguns outros, ele tenta criar um elo entre os conceitos estudados.

Unidade 1: Elementos e Descrição dos movimentos.

- Cinemática básica escalar uniforme.

Unidade 2: Movimentos com velocidade variável

Aceleração e MUV (incluindo lançamento vertical.)

Unidade 3: Cinemática vetorial

Vetores

Composição de Movimentos

Lançamentos

MCU

Unidade 4: Leis de Newton

1° e 3° Leis

Forças de Atrito

2° Lei

Corpos acelerados

Outras Forças

Unidade 5: Aplicações das Leis de Newton

Aplicação das Leis (Incluindo Dinâmica do MCU)

Lei de Kepler

Gravitação Universal

Unidade 6: Sólidos e Fluidos em Equilíbrio Estático

Estática do Ponto Material

Momento de Uma Força

Estática do Corpo Extenso

Unidade 7: Trabalho e Energia

Trabalho, Potência e Energia Cinética

Energia Potencial

Transformação da Energia Mecânica

Unidade 8: Princípios da Conservação da Quantidade de Movimento

Quantidade de Movimento

Impulso

Relação Impulso/Quantidade de Movimento

Conservação da Quantidade de Movimento

Colisões

4.2.3. DEFINIÇÕES CONCEITUAIS

Observações:

No capítulo 12 (1° e 3° Leis de Newton), pág. 182 e 183

A apresentação da força se dá sem uma preocupação com a definição científica da grandeza. O livro utiliza “força” com a sua definição não científica e intuitiva, e explica inércia através de um exemplo cotidiano envolvendo bicicletas. A definição de força fica diretamente atrelada a definição de inércia. *“Todo corpo permanece em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, a menos que seja obrigado a mudar de estado por forças nele aplicadas.”* [SANT'ANNA, 2004]

É um jeito bom de introduzir o conceito de inércia, pois utiliza o cotidiano e as concepções intuitivas do aluno, ao mesmo tempo que contesta a falsa ideia de que é preciso manter uma força para manter o movimento, ajudando a despertar o espírito científico.

Capítulo 14 - 2° Lei de Newton – Corpos Acelerados

A 2° Lei de Newton é enunciada da maneira clássica: *“A força Resultante (F_R) que atua sobre um corpo de massa (m) produz uma aceleração (a) tal que F_R pode ser obtido por $F_R = m \cdot a(\dots)$ ”* [SANT'ANNA, 2004]

A explicação é seguida por exercícios.

O importante dessa definição, é que deixou claro que a força na fórmula não é a “força do corpo” como muitos alunos pensam, e sim a força resultante atuante sobre o corpo.

Capítulo 22 - Trabalho, Potência e Energia Cinética

No item 22.1 a introdução de trabalho é dada por: *“Nossa ideia de trabalho está quase sempre associada ao esforço. (...) Para a Física, realizar trabalho significa deslocar um*

corpo sobre o qual estão sendo aplicadas forças. Em outras palavras, há trabalho quando é modificado o estado de movimento do corpo. Isso quer dizer que realizam trabalho as forças que conseguem tirar um corpo do repouso ou aquelas que fazem variar a velocidade dos corpos em movimento. Nesses casos, há um modo de medir o trabalho realizado pela força.”

Em seguida o livro mostra uma imagem de um halterofilista segurando halteres acima da cabeça e comenta: “Apesar de estar fazendo muita força para manter os halteres no alto, o atleta não está realizando trabalho, pois não há deslocamento do aparelho.”[SANT’ANNA, 2004]

A explicação diz exatamente o que é realizar Trabalho, e tenta retirar a falsa ideia de que Trabalho e esforço são a mesma coisa, mas em momento nenhum ela define o que é o Trabalho, apenas explica como saber quando as forças o realizam ou não. É realmente impossível pensar em qualquer definição não matemática para Trabalho sem conhecer a grandeza Energia.

As partes de potência e rendimento são explicadas da maneira clássica no item 22.5. “(...) Vamos imaginar um barco a vela em repouso num lago. Se um vento forte começa a soprar surgirá uma força, que poderá tirar o barco do repouso. Caso isso ocorra, essa força modificará o estado de movimento do barco, realizando um trabalho sobre ele, pois o barco começará a se deslocar. Podemos associar certa quantidade de Energia Cinética transferida ao barco por meio do Trabalho exercido pela força do vento. Em outras palavras, os corpos modificam sua quantidade de Energia Cinética quando sobre eles é realizado determinado Trabalho.(...)” [SANT’ANNA, 2004]

Embora um pouco tardia, a associação entre Trabalho e Energia Cinética é muito bem feita. O livro deixa evidente que existe uma relação direta entre as grandezas, mas ele apenas as relaciona, o Trabalho continua tendo uma definição puramente matemática.

No item 22.6 fica evidenciada que $\Delta E_c = T$, mas ele apenas iguala as grandezas, não diz que o trabalho de fato é a variação da energia cinética.

Capítulo 25 - Quantidade de Movimento e Impulso

No item 25.1, deste capítulo, é questionado a diferença entre os movimentos de corpos de massas diferentes e mesma velocidade.

E em 25.2 é definida a Quantidade de Movimento, $Q=m.v$, lembrado que é uma grandeza vetorial, e é mostrada a diferença das quantidades de movimento de uma bola de pingue-pongue e de uma bola de futebol de mesma velocidade.

No item 25.3 o livro aborda a definição de Impulso como: *“Inúmeras as ocasiões em que observamos objetos adquirindo movimento após serem impulsionados por meio da aplicação da força. (...) Dizemos que o impulso é o efeito temporal da força e podemos calculá-lo por $I=F.\Delta t$. (...)”*[SANT’ANNA, 2004]

Vemos o impulso sendo apresentado como $I = F.\Delta t$. Como percebemos no trecho acima, o livro sugere, mas não relaciona ainda o conceito com a variação da quantidade de movimento. A apresentação só é feita na parte seguinte do capítulo em 25.4 : *“(...) o impulso é responsável pela variação da quantidade de movimento.(...) O impulso resultante (ou da força resultante) sobre um corpo é igual à variação da sua quantidade de movimento,(...)”*[SANT’ANNA, 2004]

Repare que foi dito que “é igual” à variação, e não que “é” a variação. Mesmo deixando claro que ele é o responsável, ele não foi definido como tal.

4.3 LIVRO CURSO DE FÍSICA - VOLUME 1. [MÁXIMO, 2011] (ANTÔNIO MÁXIMO E BEATRIZ ALVARENGA)

4.3.1. ANÁLISE PRELIMINAR

Esse livro tenta atender todos os aspectos. Todo o conteúdo é bem trabalhado sem que faltem definições matemáticas precisas, exemplos do cotidiano onde o conteúdo pode ser abordado, sugestões de experimentos e atividades, e uma boa quantidade e variedade de exercícios. O único aspecto que não é tão bem atendido é o conceitual. Para definir alguns conceitos da física, há textos com exemplos de como

esses conceitos podem ser encontrados no cotidiano. Isso, somado às sugestões de experimentos, fazem com que o aluno tenha um bom entendimento do conceito, mesmo ele não sendo definido com precisão, mas, alguns outros conceitos são definidos apenas por sua fórmula matemática. Além disso conceitos definidos de maneira vaga, muitas vezes podem gerar ambiguidade, como veremos no caso de “força”.

4.3.2. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Ele também segue a sequência tradicional, apenas se difere dos demais por deixar para trabalhar lançamento de projéteis um pouco depois de começar a parte da dinâmica.

Algumas observações da Assessoria Pedagógica do Manual do Professor que merecem destaque:

No Painel da Coleção: 2.7 e 2.8, em “Sequencia da apresentação dos tópicos abordados” encontramos *“Na apresentação dos tópicos que integram essa coleção (...) optamos por seguir a linha tradicional, mais comuns aos cursos de física, que não criam uma guinada muito forte para professores e também para os alunos que estão enfrentando um curso de física pela primeira vez. Essa escolha fica evidente pelos próprios títulos das unidades e capítulos descritos a seguir.”* [MÁXIMO, 2011]

Unidade

1 - Introdução

Capítulo

1 - Números

Unidade 2 - Cinemática

Capítulo

2 - Movimento retilíneo

3 – Vetores e Movimento Curvilíneo

Unidade 3 – Leis de Newton

Capítulo

4 – Primeira e Terceira Leis de Newton

5 – Segunda Lei de Newton

6 – Gravitação Universal

7 – Hidrostática

Unidade 4 – Leis da Conservação

Capítulo

8 – Conservação da Energia

9 – Conservação da Quantidade de Movimento

Na Assessoria pedagógica do manual do professor também encontramos uma referência de por que começar com mecânica: “Alguns professores, alegando dificuldades, aridez e mesmo desinteresse nos dos alunos pelos assuntos da mecânica, preferem iniciar seus cursos a partir de estudos referentes à Energia Térmica ou à Ótica, ou mesmo por outros tópicos. Justificamos a nossa opção, por considerarmos que os conceitos de velocidade, aceleração, massa, energia e outros, introduzidos no estudo da mecânica, são indispensáveis para a compreensão dos demais ramos da física no ensino médio.”[MÁXIMO, 2011]

Note que a explicação é de por que começar com mecânica, mas nada é mencionado sobre uma possível inversão dentro da parte da mecânica, o que mostra que a sequência clássica é bem aceita entre os professores, e não requer tanto questionamento.

4.3.3. DEFINIÇÕES CONCEITUAIS

Observações

No item 4.1 encontramos: *“Nos capítulos 2 e 3 analisamos os movimentos sem indagar quais suas causas” [MÁXIMO, 2011].* Isso é algo complicado, pois da mesma forma que pode gerar interesse para saber quais as causas dos movimentos para alunos mais curiosos, pode gerar desinteresse na cinemática por parte de outros.

Para o conceito de força o livro escreve: *“Quando exercemos um esforço muscular para puxar ou empurrar um objeto, estamos lhe comunicando uma força; uma*

locomotiva exerce força para arrastar os vagões; um jato de água exerce força para acionar uma turbina etc. Todos nós temos, intuitivamente, a ideia do que seja força.”

“Se um corpo estiver em repouso, é necessária a ação de uma força para colocá-lo em movimento. Uma vez iniciado o movimento, cessando a ação das forças que atuam sobre o corpo, ele continuará a se mover indefinidamente, em linha reta, com velocidade constante.” [MÁXIMO, 2011]. Note que a grandeza impulso se encaixa nessa definição tão bem quanto a grandeza força. Esse tipo de definição, embora clara e correta, pode gerar ambiguidade. Muitos alunos podem achar que variação total da velocidade de um objeto depende exclusivamente da força aplicada sobre ele, sem levar em conta o tempo de aplicação da força, como se a força não fosse algo contínuo. Essa ambiguidade pode ser facilmente desfeita apresentando antes, o conceito de impulso.

Item 8.1 – Trabalho de uma Força

O livro começa com: *“Iniciaremos nosso estudo introduzindo o conceito de uma grandeza, denominada trabalho, relacionada com a medida de energia, como será visto no desenvolvimento desse capítulo.” [MÁXIMO, 2011]*

“(…) trabalho da força constante F , que forma com o deslocamento d um ângulo θ , é dado por $T=F.d.\cos \theta$.” [MÁXIMO, 2011]

O livro apenas menciona rapidamente que existe ligação entre os conceitos Trabalho e Energia, sem explicar nem exemplificar de maneira nenhuma essa relação. No item 8.2 – sobre Potência, o livro a aborda, mas sem mencionar energia.

No item 8.3 – Trabalho e Energia Cinética

“Na física, costuma-se introduzir o conceito dizendo que, “a energia representa a capacidade de realizar trabalho”. Acreditamos que isto constitui, pelo menos, um modo de começar o estudo de energia. Assim, diremos que um corpo possui energia se ele for capaz de realizar um trabalho.”

Dada a concepção anterior de trabalho, o livro basicamente define energia cinética como “capacidade de realizar o produto da Força pelo deslocamento pelo

ângulo entre eles”. Acredito que não seja uma definição intuitiva nem fácil de compreender.

“Qualquer corpo em movimento tem capacidade de realizar trabalho e, portanto, possui energia. Essa energia é denominada Energia Cinética (...)”. Ou seja, o livro define Energia Cinética através do conceito de Trabalho, que no capítulo 8.1, ficou sem nenhuma definição física, apenas uma definição matemática.

Logo depois define Energia Cinética como: $E_c = m.v^2/2$

Posteriormente, demonstra-se matematicamente que os conceitos de Variação da Energia Cinética e Trabalho são iguais. Esse tipo de demonstração faz parecer que isso é uma coincidência matemática, quando na verdade a definição de Trabalho é Variação de Energia Cinética produzida por uma força.

No item 9.1 – Impulso e Quantidade de Movimento – o começa-se introduzindo co conceito de Impulso: *“De um modo geral, sempre que uma força atuar em um corpo durante um certo intervalo de tempo, diremos que o corpo recebeu um Impulso. Para o caso de uma força F constante, atuando durante um intervalo de tempo Δt , define-se o impulso I , exercido pela força por meio da expressão: $I = F \cdot \Delta t$.”*

Depois define quantidade de Movimento: *“a quantidade de movimento (ou momento linear), q , de u corpo de massa m , que se move com velocidade v , é definida pela expressão $q = m \cdot v$.”*

Na parte seguinte o livro prova, a partir da segunda lei de Newton, que variação da quantidade de movimento e impulso são grandezas equivalentes. Essa abordagem, por ter sido toda feita em um único item, evidencia a ligação entre impulso e quantidade de movimento, não fazendo parecer que são grandezas independentes.

4.4. LIVRO: FÍSICA – CIÊNCIA E TECNOLOGIA – VOLUME 1 – MECÂNICA (TORRES, 2010) (CARLOS MAGNO A. TORRES/ NICOLAU GILBERTO FERRARO/ PAULO ANTÔNIO TOLEDO SOARES)

4.4.1. ANÁLISE PRELIMINAR

Esse livro se preocupa bastante com a parte conceitual, se concentrando um pouco menos nas definições matemáticas, mas sem deixá-las de lado. O livro faz questão de dar muitos exemplos do cotidiano de aplicações tecnológicas dos conceitos para mostrar a importância dos conceitos estudados, além disso, há vários textos sobre história da física, descrevendo como aquele conceito foi construído e também se dão propostas para experimentos e atividades em grupo. Apresenta também boas listas de exercícios.

4.4.2. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Há um pouco de inovação na sequência desse livro, pois ele ensina quantidade de movimento antes de começar o estudo da energia, mas a vantagem principal é que, sempre que pode, o livro faz associações entre os conceitos estudados, para mostrar que os assuntos estudados são todos interligados.

Unidade 2 – Força e Energia

Cap. 3 – Força e Movimento (Inicia por cinemática)

Cap. 4 – Hidrostática

Cap. 5 – Quantidade de Movimento

Cap. 6 – Energia e Trabalho

4.4.3. DEFINIÇÕES CONCEITUAIS

Observações

Item. 3.6

Para o conceito de força podemos ler no livro o seguinte: *“Em termos da Física, a força é o agente físico associado à ideia de puxar ou empurrar. (...) Podemos, portanto, ampliar um pouco a noção intuitiva que pode provocar num corpo variação de velocidade.”* [TORRES, 2010]

Novamente, temos uma definição que serve perfeitamente para descrever a grandeza impulso, podendo gerar a ambiguidade já mencionada.

Item. 5.1: Para definição de quantidade de movimento temos, neste livro :*“(...) Desse modo, a quantidade de movimento seria dada pelo produto da massa m do corpo pela velocidade vetorial v .”*[TORRES, 2010]

Mais uma vez a definição puramente matemática.

Item. 5.3: Aborda o conceito de conservação da quantidade de movimento.

“A variação da quantidade de movimento sofrida por um corpo, que indicamos por $\Delta Q = m \cdot \Delta v$, depende da força resultante F atuante no corpo e do intervalo de tempo Δt durante o qual a força age. (...) $\Delta Q = m \cdot \Delta v = F \cdot \Delta t$ ” [TORRES, 2010]

“A grandeza vetorial $F \cdot \Delta t$ é indicado por I e recebe o nome de impulso da força F (...)” [FERRARO, 2010]

O livro faz questão em fazer uma associação entre quantidade de movimento e impulso, o que é ótimo, porque não deixa a grandeza sem um sentido físico.

Item 6.2 O conceito de trabalho é definido como: *“Realizar um trabalho significa usar uma força para mover um objeto por certa distância. (...) Fisicamente falando, o trabalho de uma força é a medida da energia fornecida (ou retirada) de um corpo (ou de um sistema) por meio de uma força.”* [TORRES, 2010]

É muito bom que já tenha sido feita a associação de trabalho com variação de energia, mas poderia ser ainda melhor se o aluno já estivesse acostumado com o conceito de energia.

Item 6.3 *“A energia cinética é associada a movimento. Assim, um corpo em movimento, desenvolvendo uma certa velocidade, possui energia cinética.”*

Encontramos, dessa vez, uma definição puramente conceitual para energia cinética.

4.5. COMPARAÇÃO

Analisando, percebemos que muitos dos conceitos simplesmente ficam sem nenhuma definição não matemática. Os livros raramente se preocupam em estabelecer um elo entre os conceitos estudados, é possível encontrar conceitos que tem uma ligação muito forte, como **trabalho** e **energia cinética**, estarem em partes dezenas de páginas distantes.

A parte de **Resolução de exercícios**, assim como a do **Tratamento matemático** é favorecida nos 4 livros analisados. A preocupação em dar exemplos do cotidiano também aparece em 3 livros, já o lado experimental só é abordado em 2, assim como a tentativa de conectar os conceitos estudados. A parte conceitual é a que menos é trabalhada, aparecendo em apenas 1 livro, que mesmo assim, de vez em quando dá apenas definições matemáticas. Em outras palavras, apesar dos diferentes enfoques, vemos que é raro um livro deixar de lado as definições matemáticas, e é bem mais comum a parte conceitual ser negligenciada, ou, algumas vezes, abandonada. Vale lembrar que, mesmo nos livros que apresentavam um enfoque conceitual, um ou outro conceito ficavam muito vagos e imprecisos, como o conceito de **Trabalho** no livro CONEXÕES COM A FÍSICA (SANT'ANNA, 2004), ou seja, os livros de ensino médio tem, atualmente, enorme carência de definições corretas e claras dos conceitos físicos.

Se formos analisar apenas a sequência didática de cada livro, vamos reparar que na parte da dinâmica, todos eles ensinam **Força** antes de ensinar **Quantidade de Movimento, Impulso, Energia e Trabalho**, o que mostra que isso é uma tendência nos livros atuais, porém, na parte que trata da cinemática, todos eles ensinam primeiramente o que é **Posição**, para depois falar sobre **Deslocamento**, e em seguida ensinar o que é **Velocidade**. Veremos a seguir, que uma inversão na ordem do ensino dos conteúdos da dinâmica pode fazer bastante sentido e ser ensinado de maneira análoga ao ensino da cinemática.

CAPITULO 5 – A PROPOSTA

Por conta dos problemas dos livros atuais em definir conceitos físicos utilizando o modelo tradicional de ensino apontados no capítulo anterior, principalmente os conceitos **Força** e **Trabalho**, frequentemente apresentados com definições vagas, confusas, ambíguas, ou puramente matemáticas este trabalho propõe uma abordagem alternativa, que, através da inversão na ordem de ensino pudesse tornar mais fácil o ensino e a compreensão de grandezas físicas tão importantes.

Alterar a sequência didática tradicional é uma alternativa válida. O artigo “Uma sequência lógica e conceitual do ensino de mecânica.”, de Cláudio Rejane da Silva Dantas e Francisco Augusto Silva Nobre, publicado no XVII SNEF (2007), mostra uma tentativa bem sucedida de melhorar o desempenho dos alunos ensinando a dinâmica antes da cinemática.

A proposta deste trabalho é começar o estudo da dinâmica pela parte de Quantidade de Movimento e Impulso, incluindo o estudo de colisões, para, a partir daí, retirar o conceito de Força, e dar início ao estudo das Leis de Newton. Parece estranho tentar falar sobre Impulso antes de conceituar Força, mas como ficará claro a seguir, é perfeitamente possível e ajuda a entender os processos de variação, conservação, e até mesmo o conceito físico de Força. Essa inversão, inclusive, já é, em parte, feita pelo GREF, e é também sugerida nos PCN:

“Assim, as leis de Newton podem comparecer como um caso particular da conservação da quantidade de movimento, abrindo espaço para uma compreensão mais ampla de interações reais, nas quais o tempo de colisão tem um papel preponderante. Nessa abordagem é possível dar significado às variações dos movimentos, através dos conceitos de velocidade e aceleração, o que não ocorre quando se limita a investigação dos movimentos à sua extensa descrição através da cinemática.” (BRASIL, 2002).

Na parte de Trabalho e Energia, a proposta inverte a ordem clássica, começando com Energia para depois definir e explicar trabalho. O objetivo da inversão é evidenciar a concepção física da grandeza Trabalho, e se preocupar menos com sua definição matemática.

Com essa inversão, é possível fazer uma analogia entre os conceitos aprendidos na cinemática, os conceitos que envolvem Energia e os conceitos que envolvem Quantidade de Movimento.

A Posição diz onde o objeto se encontra, a Quantidade de Movimento mede a Inércia de um movimento enquanto a Energia Cinética mede a “Energia contida em um movimento”.

O Deslocamento mede a variação da posição, o Impulso mede a Quantidade de Movimento dada ou retirada de um corpo, enquanto o Trabalho mede a quantidade de Energia Cinética dada ou retirada de um corpo por uma força. O importante é que o produto da força pelo deslocamento seja “como calcular o trabalho de uma força”, e não a definição em si de Trabalho.

Enquanto a velocidade é “a rapidez com que um corpo se desloca,” a Força é a “rapidez com que um Impulso é realizado”, a Potência pode ser definida da maneira clássica, sendo “a rapidez com que um trabalho é realizado”. Dessa forma é possível montar o seguinte esquema de analogia:

Grandeza (G)	Variação da Grandeza (ΔG)	Taxa de Variação ($\Delta G/\Delta t$)	Definição matemática de ΔG
Posição	Deslocamento	Velocidade	$V \cdot \Delta t$
Quantidade de Movimento	Impulso	Força	$F \cdot \Delta t$
Energia Cinética	Trabalho	Potência	$P \cdot \Delta t = F \cdot \Delta s$

Além disso, faz sentido ensinar quantidade de movimento antes de força, já que Quantidade de Movimento é um conceito que foi introduzido por René Descartes, e Força, como conhecemos hoje, foi definida por Newton, sendo que o trabalho de Descartes foi anterior, já que, quando Descartes morreu, Newton tinha apenas 7 anos de idade.

O que chamamos hoje de 2° Lei de Newton, inclusive, define Força como taxa de variação da Quantidade de Movimento, e não como produto da Massa pela Aceleração.

Antes de descrevermos detalhadamente a proposta, faremos uma análise similar à do capítulo anterior, analisando o livro do GREF, e mostrando como algumas mudanças sequenciais podem ser úteis. Depois de descrita a proposta, ela será também exemplificada.

5.1 LIVRO: GREF - LEITURAS DE FÍSICA GREF – [GREF, 1998]

5.1.1 ANÁLISE PRELIMINAR

O GREF, Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, foi um grupo formado por professores da rede estadual de São Paulo vinculados a USP com o objetivo de ensinar uma física de modo que ela fizesse parte do cotidiano do aluno. O livro valoriza bastante os aspectos experimentais e empíricos, estando focado no **Relacionamento com o cotidiano**, e nos **Aspectos experimentais**. A principal proposta é que o estudo da física seja vinculado ao cotidiano e que os conceitos sejam construídos a partir da observação dos fenômenos físicos e da análise lógica sobre eles. Ele não se preocupa muito em definir os conceitos mais comuns, como força, e energia, e só os define quando seu significado físico é bem diferente do empírico, como trabalho por exemplo. O livro apresenta muitas sugestões de experimentos e pouquíssimos exercícios.

5.1.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O GREF já modificou a sequência de ensino da mecânica. A sugestão do livro é começar o estudo do movimento dos corpos pelas colisões, fenômeno que pode ser mais facilmente observado que o estudo das cinemáticas escalar e vetorial, das quais ele abre mão completamente.

A parte de mecânica do livro apresenta o seguinte sumário:

1. *Física, eu?*
2. *Pondo as coisas no lugar*
3. *Coisas que se deslocam*
4. *Conservação dos movimentos*
5. *Trombadas*
6. *Trombadas ainda piores*
7. *Como empurrar um planeta*
8. *Coisas que giram*
9. *Os giros também se conservam*
10. *Gente que gira*
11. *Coisas que controlam movimentos*
12. *Onde estão as forças?*
13. *Peso, massa e gravidade*
14. *Medindo forças*
15. *Quando é difícil parar*
16. *Batendo, ralando e esfregando ..*
17. *O ar que te segura*
18. *Acelera!*
19. *Quem com ferro fere ...*
20. *Pit Stop para um test drive*
21. *coisas que produzem movimentos*
22. *Trabalho, trabalho, trabalho!*
23. *Máquinas Potentes*

- 24. A gravidade armazena energia
- 25. A energia dos movimentos, Trombadas
- 26. Como facilitar um trabalho

5.1.3 DEFINIÇÕES CONCEITUAIS

Esse livro é um pouco diferente dos demais, ele é focado na parte conceitual, é pouco conteudista e apresenta pouquíssimos exercícios (menos de 1 exercício por capítulo), todos eles simulando situações reais e plausíveis (e não modelos como “partículas” e “planos horizontais sem atrito”). Além disso, os exercícios apresentam resolução no próprio livro.

O Interessante desse tipo de abordagem é que ele prioriza o lado conceitual, valorizando o conhecimento prévio do aluno, sua capacidade de raciocínio e aproveitando o seu cotidiano. Esse método também motiva bastante a participação dos alunos na construção do conhecimento tornando-o mais significativo. O único lado negativo do livro é que tem pouquíssimos exercícios, e para alunos que pretender prestar concursos, isso pode deixar a desejar. Porém, o próprio professor pode passar exercícios, e outros materiais podem ser usados como complemento.

Capítulo 4 - A parte de mecânica começa no capítulo 4, com conservação da quantidade de movimento. Ele explica, dando exemplo de um jogo de bafo, que assim como nas coisas materiais (figurinhas, balas e qualquer outra coisa), o movimento também se conserva na natureza. Ele começa a dar exemplos de choques e “chuta” quantidades de movimento para os corpos, sem se importar com massa ou velocidade. Apenas diz que a “Quantidade total de movimento se conserva”.

Capítulos 5, 6 e 7 - Se dedicam ao estudo de colisões e ao aprofundamento do estudo da quantidade de movimento. Eles propõe experiências que podem ser feitas com carrinhos e caminhões de brinquedo. A partir disso ele começa a fazer análise dos resultados para chegar a conclusão que $Q = M.V$. Ele não chega a definir a grandeza impulso, apenas fala que é possível impulsionar corpos para modificar seu movimento.

Capítulos 11 ao 20 - Estuda-se forças, no capítulo 11 ele enuncia as leis, mas não as explora ainda. O livro não se preocupa em dar uma definição de força, apenas a usa com o sentido empírico. Dos capítulos 11 ao 13 o livro dá vários exemplos cotidianos de como forças podem alterar o módulo ou a direção da velocidade de um corpo. A partir do capítulo 14 ele começa a descrever os tipos diferentes de força que existem, e ensina como medi-las. Apenas no capítulo 18 existe a preocupação de apresentar aceleração e enunciar a segunda Lei de Newton na forma clássica: $F=m.a$, e no capítulo 19 explora a lei da ação e reação através do clássico exemplo do cavalo puxando a carroça, entretanto ele não chama a atenção para os possíveis erros conceituais que os alunos tem com esta lei. No capítulo 20 começa a explorar situações com muitas forças aplicadas sobre um corpo.

Capítulo 21 ao 26 - O livro aborda os conceitos de trabalho e energia. Inicialmente expõe um pouco sobre tipos de energia no capítulo 21. No capítulo 22 o assunto é trabalho, ele não dá nenhuma definição concreta de trabalho, apenas diz que está associado com gasto de energia e com esforço físico, e ensina a calcular da maneira clássica. Logo depois ele descreve potência de máquinas e aparelhos, e define da seguinte forma:

“Calculando potências. Mas como medir o “poder” de uma coisa, nesse sentido que estamos dizendo? Em que essa ideia é diferente da ideia de trabalho que estivemos discutindo há pouco? É muito simples: o trabalho realizado por uma máquina (ou qualquer outra coisa) está ligado à tarefa que ela realiza. Mas dependendo da máquina, ela pode realizar esse trabalho mais rapidamente ou mais lentamente. Compare, como exemplo, uma viagem de avião e uma de ônibus. Qual dos veículos é mais potente? Se você preferir, pode pensar também que, num mesmo tempo, uma máquina pode realizar muito mais trabalho do que outra. Compare, por exemplo, o caminhão ao trem. Portanto, a potência de uma coisa está relacionada com o trabalho que ela

realiza e com o tempo que ela leva para realizá-lo, da seguinte forma.” [GREF, 1998]

MAIOR POTÊNCIA \Rightarrow $\left\{ \begin{array}{l} \text{maior trabalho} \\ \text{menor tempo} \end{array} \right.$

Que poderia ser expressa matematicamente da seguinte maneira:

$$P = \frac{T}{\Delta t}$$

P : potência
T : trabalho
 Δt : tempo

Nos capítulos seguintes o livro aborda a energia potencial gravitacional, dita como a energia armazenada pela força da gravidade e sobre a energia cinética, que é a energia de um corpo em movimento.

5.1.4 CONSIDERAÇÕES

Na estudo de forças vemos uma abordagem que explora o cotidiano e as definições conceituais, em vez de focar apenas nas fórmulas e exercícios. Porém, ao falar de força, em momento algum foi mencionada alguma relação com a grandeza estudada anteriormente, quantidade de movimento. Foi perdida a chance de fazer uma ligação com um conhecimento prévio do aluno, dando uma impressão de descontinuidade, como se forças e quantidade de movimento fossem assuntos que não tem relação.

No capítulo sobre energia, apesar do trabalho ter sido associado ao gasto de energia, não ficou evidenciada a utilidade disso no estudo da variação da energia dos

corpos, nem foi explorado o teorema da energia cinética. Também não foi feita a relação entre força e variação de quantidade de movimento.

5.2 – APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA

A proposta pretende, além de fazer a inversão já feita pelo GREF, explorá-la de modo a criar um elo mais significativo entre os conceitos e fazer outras inversões com o mesmo objetivo. Agora descreveremos detalhadamente como seriam as mudanças sequenciais e finalmente, as exemplificaremos.

5.2.1 - Momento Linear e Sua Conservação

Começar o estudo de mecânica por momento linear, como sugere o GREF, traz muitas vantagens ao aprendizado quando comparado com o modelo tradicional, que é começar por força. Primeiramente, quanto aos conhecimentos prévios necessários, segundo, enquanto o ensino clássico de força requer um estudo completo da cinemática escalar e vetorial, o Momento Linear sendo uma grandeza que pode ser trabalhada unidimensionalmente, dispensa todo o estudo de cinemática vetorial. Além disso, não envolve o conceito de aceleração. Para entender Momento Linear, basta que o aluno entenda o que é massa e saiba o básico de cinemática escalar. Isso torna possível que o ensino da dinâmica seja simultâneo ao ensino da cinemática, e não posterior. Outra vantagem de aprender esse conceito no início do curso de dinâmica é estabelecer uma base para a aprendizagem das Leis de Newton.

O GREF define quantidade de movimento como “aquilo que se conserva quando ocorrem choques entre corpos”. A maioria dos livros introduz o conceito como “produto da massa pela velocidade”, algo puramente matemático e vazio de significado. Ensinando a quantidade de movimento a partir de exemplos de choques, é possível fazer experimentos simples envolvendo vários tipos de objetos, como bolas e carrinhos. Se o objetivo principal do estudo da quantidade de movimento é estudar os casos de conservação, porque não introduzi-la como tal?

Analisando a intuitividade do conceito, o próprio nome da grandeza já enuncia seu significado físico. Quando falamos em “*Quantidade de Movimento*” estamos falando da medida de quanto movimento há em um corpo. Quanto ao conceito matemático, fica óbvio para qualquer aluno que quanto mais velocidade um corpo tem, mais movimento ele tem, já a questão da massa fica simples se analisarmos choques entre corpos de massas diferentes, e associando com o que os alunos estão aprendendo em química, sobre átomos. Já que todo corpo é feito de átomos, eles que representam a massa, ou seja a quantidade de matéria em um objeto. Quanto maior a massa de um corpo, mais prótons elétrons e nêutrons estão em movimento, ou seja, há mais partículas em movimento.

A única desvantagem desse método, é que é um pouco difícil falar de choques elásticos e inelásticos antes de falar de energia, mas é um assunto que pode ser estudado apenas pela velocidade relativa, sem mencionar energia, ou pode ser deixado para um momento mais avançado do curso de dinâmica.

5.2.2. – Impulso

O passo mais lógico depois de apresentar quantidade de movimento é definir a grandeza impulso. Não da maneira clássica, mas como sendo “*a variação da quantidade de movimento causada por um agente externo*”, ou melhor, podemos usar uma definição que muitos livros dão para a grandeza “força”, mas que cabe muito melhor para essa grandeza: “*O Impulso é um agente capaz de alterar a velocidade (ou quantidade de movimento) de um corpo*”.

Nesse ponto, o aluno já sabe que a quantidade de movimento total se conserva depois dos choques. Basta mostrar para ele que, apesar disso, a quantidade de movimento de cada corpo mudou, ou seja, um corpo “deu” parte de sua quantidade de movimento para o outro. Essa quantidade de movimento “dada” é o que chamamos de impulso.

Como vimos, em vários livros temos definições como: “*O impulso I dessa força constante nesse intervalo de tempo é a grandeza vetorial dada por $I=F.\Delta t$.*” [RAMALHO, 2004], ou “*Para o caso de uma força F constante, atuando durante um intervalo de*

tempo Δt , define-se o impulso I , exercido pela força por meio da expressão: $I = F \cdot \Delta t$.”

(Alvarenga)

Esse tipo de definição puramente matemática faz com que uma grandeza tão importante fique com um significado vazio e sem sentido. Alguns livros chegam a dar exercícios para calcular impulso de forças, antes mesmo de mencionar que essa grandeza é a variação da quantidade de movimento produzida pelas forças, o que pode causar aos alunos indagações como “o que é isto que estou aprendendo?”, “qual o sentido de fazer esses cálculos?”, “para que serve?”

Definir impulso como variação da quantidade de movimento dá um significado real e útil à grandeza, além de ser facilmente compreensível. Uma outra vantagem é que, a partir do conceito de impulso podemos apresentar aos alunos a primeira e a terceira leis de Newton, afinal, os enunciados clássicos destas leis servem para impulso tão bem quanto para força.

5.2.3. – Força e Leis de Newton

As definições clássicas normalmente são: “Força é a causa que produz variação de velocidade e, portanto, aceleração.” [RAMALHO, 2004], “Quando exercemos um esforço muscular para puxar ou empurrar um objeto estamos lhe comunicando uma força” (Alvarenga), ou “Em termos da Física, a força é o agente físico associado à ideia de puxar ou empurrar.(...) Podemos, portanto, ampliar um pouco a noção intuitiva que pode provocar num corpo variação de velocidade.” [TORRES, 2010]

Essas definições são corretas, mas elas nunca levam em conta o tempo de aplicação. A impressão que temos ao ouvir que “força é um agente que modifica a velocidade de um corpo”, é que uma força maior sempre causa uma maior variação de velocidade, quando na verdade, isso só acontece se as forças forem aplicadas pela mesma quantidade de tempo.

Com o conhecimento de impulso, é possível dar uma definição mais precisa de força, como sendo “A rapidez com que um impulso é aplicado”. É bem fácil entender que uma pessoa “forte” consegue rapidamente alterar a velocidade de um corpo,

enquanto uma pessoa “fraca” levará mais tempo para causar a mesma variação. A definição matemática de força seria então: $F = I/\Delta t$.

Outra vantagem dessa definição é tornar possível ensinar o conceito de força sem a necessidade de já ter definido aceleração. Depois de compreendida a relação entre força e tempo, podemos apresentar aos alunos o conceito de aceleração e dar início ao estudo da cinemática variada sabendo de antemão as causas do movimento, o que torna a cinemática bem menos abstrata.

5.2.4. – Energia Cinética

Na parte de trabalho e energia, a ideia principal é começarmos por energia em vez de por trabalho de uma força. O conceito físico de energia é muito próximo ao conceito intuitivo, e é fácil mostrar que existe energia no movimento, é só dar exemplo os diversos tipos de usinas de energia que existem.

Energia Cinética é um conceito que não depende da definição de trabalho para ser compreendido, não há, portanto, nenhum motivo para ser ensinado depois. Ensinar antes torna possível uma nova visão sobre a grandeza trabalho.

5.2.5. – Energias Potenciais / Energia Mecânica

Diremos ao aluno que qualquer corpo que possui Energia Potencial possui um “combustível” que está pronto para se transformar em energia cinética. O objetivo é fazer com que o aluno entenda que a energia potencial é uma energia armazenada, pronta para se transformar em cinética.

5.2.6. - Trabalho

Uma definições clássica de trabalho que vimos foi: “*trabalho da força constante F , que forma com o deslocamento d um ângulo θ , é dado por $T=F.d.\cos \theta$.*”(MÁXIMO,2011), enquanto outros livros nem sequer deram uma definição precisa.

Como podemos ver, algumas das definições clássicas são puramente matemáticas, as vezes não é nem dito que o trabalho é uma energia, não se explica o que é um Joule.

A ideia da proposta nessa parte é definir Trabalho como sendo “a quantidade de energia (cinética) que se dá ou se retira de um corpo ao aplicar uma força.”. Com essa definição, fica claro que o trabalho é uma energia em transição (fato que a maioria dos professores faz questão de deixar claro quando ensina calor, mas ignora ao ensinar trabalho), e fica evidente a relação entre trabalho e energia. Dessa forma, o teorema da energia cinética estaria definindo trabalho.

Depois que isso estivesse bem entendido, aí sim ensinaríamos como calcular o trabalho realizado por uma força, $T = F.d$, o que poderia ser provado de maneira análoga à usada normalmente para provar o teorema da energia cinética.

5.2.7. - Potência

Já sabendo o que é energia e trabalho, definimos a potência como sendo a “rapidez com que uma energia é transferida”, ou “a rapidez que um trabalho é realizado.”. Assim como fizemos com impulso e força, faremos com trabalho e energia, relacionaremos os dois por intermédio do tempo que demora para o fenômeno acontecer.

É necessário explicar aos alunos que existem outras formas de energia que não são estudadas na mecânica, para dar como exemplo os eletrodomésticos. Eles possuem uma potência, mas em grande parte não realizam trabalho. É importante lembrar a eles que também existem as energias luminosa, sonora e etc.

Seria até mesmo interessante levantar questões como: “Se a energia gasta por um micro-ondas em 2 minutos pudesse ser usada para empurrar uma bicicleta, inicialmente em repouso, essa energia levaria a bicicleta até que velocidade?”

Indagações como essa aproximam o conteúdo do cotidiano, e ajuda os alunos a lembrarem que o trabalho é uma energia, e a potência está diretamente ligada com ele

6 - EXEMPLIFICANDO A PROPOSTA

Nesse capítulo mostraremos como seria um livro que seguisse a proposta sugerida pelo trabalho. Para não se estender muito, exemplificaremos apenas a parte de Energia e Trabalho.

6.1. ENERGIA E TRABALHO

O que é Energia? Usamos essa palavra o tempo todo em várias ocasiões. Quando estamos cansados, dizemos que estamos sem energia, a maioria dos aparelhos que temos funciona com energia elétrica, o sol é uma fonte de energia que chamamos de energia solar, existem vários tipos de usinas de energia, mas o que é enfim a energia?

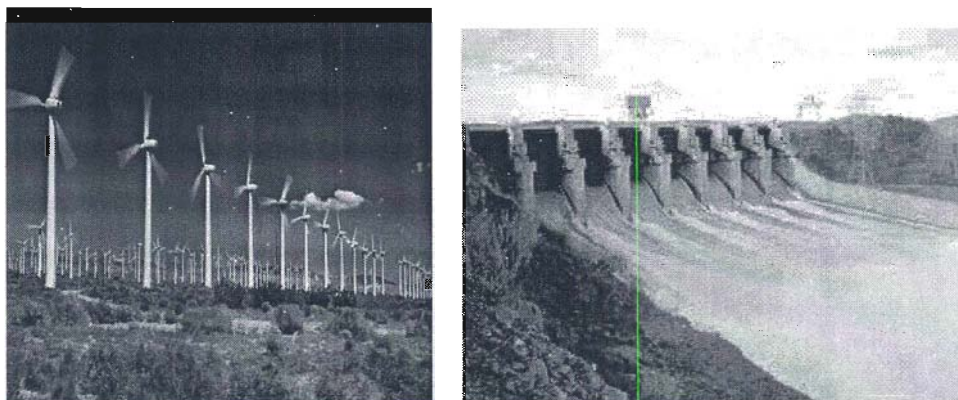


Figura 5: Usinas eólica e hidrelétrica(info.abril.com.br e infoescola.com)

Atividade Em Grupo

Reúna-se com 3 ou 4 amigos e faça uma lista dos diferentes tipos de energia que vocês conhecem, onde elas estão presentes, como elas podem ser produzidas e como elas podem ser gastas. Depois disso, tentem achar uma definição do que seria energia.

(O papel do professor será orientar os grupos no sentido de ajudá-los a pensar em todos os tipos de energia e não se esquecerem de todos os tópicos, principalmente da parte de geração e uso da energia, que serão essências para o estudo da energia

mecânica. Depois disso, o professor pode tentar organizar e classificar as respostas obtidas no quadro, diferenciando energia elétrica, biológica, química, térmica, e etc.)

Observando os resultados, percebemos que a energia pode ser usada para realizar diversas tarefas, e pode vir de várias fontes. Então diríamos que **energia é o “combustível” que nos permite realizar tarefas.** Uma característica interessante da energia é que ela pode se transformar em outros tipos de energia. O objetivo das usinas, por exemplo, é transformar os diversos tipos de energia existentes em energia elétrica.

Perceba que, ao analisar os tipos de usinas de produção da energia elétrica, grande parte delas retira a energia do **movimento** de algo. As usinas eólicas retiram energia do movimento do ar, as hidroelétricas do movimento das águas, as termoelétricas o movimento do vapor de água, ou de outro líquido. Nesse capítulo, estudaremos os tipos de energias que estão ligados, direta ou indiretamente, ao movimento dos corpos.

6.1.1 ENERGIA CINÉTICA

Energia cinética é a energia que está diretamente ligada ao movimento dos corpos, a energia do movimento de um corpo depende, obviamente, de sua **velocidade**, e depende também da **quantidade de matéria em movimento**, ou seja, da **massa**. Para calcularmos a **Energia cinética** de um corpo usamos a equação $E_c = m.v^2/2$, onde **m representa a massa do objeto e v representa sua velocidade.**

Assim, um corpo de 4kg que se move com velocidade de 5m/s tem energia de $E_c = 4.5^2/2 = 50\text{kg.m}^2/\text{s}^2$. A unidade de medida de energia no sistema internacional é o Joule(J), que equivale a $\text{kg.m}^2/\text{s}^2$. Logo $E_c = 50\text{J}$.

6.1.2 ENERGIA POTENCIAL

Imagine um trapezista preparando-se para saltar de uma altura de 5m sobre uma cama elástica. No momento em que ele realiza o salto, ele está em repouso, logo, ele não possui energia cinética, mas após o salto, durante a queda, ele adquire uma velocidade, que aumenta conforme ele se aproxima da cama elástica. Perceba que, se ele ganhou velocidade, significa que ele ganhou também energia cinética, mas de onde veio essa energia?

Quando o artista atinge a cama elástica, sua velocidade diminui a medida que a cama se deforma, e logo depois, ele é novamente lançado para o alto. O que aconteceu com a energia cinética nesse processo?

Para explicar isso, temos que lembrar que um tipo de energia pode ser transformado em outro. A energia envolvida nesse exemplo é o que chamamos de **Energia Potencial**.

A **Energia Potencial** é uma energia que **está armazenada em um corpo**, capaz de, em determinadas situações, se transformar em **Energia Cinética**.



Figura 6 - Energia potencial se transformando em energia cinética (<http://aprendendofisica.pro.br>)

6.1.2.1. ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL

Voltando ao caso do trapezista. A energia que ele ganha durante a queda é consequência da ação da gravidade ao pular de um lugar alto. Sempre que um objeto está em um lugar alto, e não tem onde se apoiar, a gravidade faz com que ele ganhe energia cinética. Dizemos então que os corpos tem um “combustível” de acordo com sua altura em relação ao solo, que chamamos de **Energia Potencial Gravitacional**.

A energia gasta pelo artista a subir as escadas (energia biológica) se armazena em forma de Energia Potencial Gravitacional, no momento em que o trapezista não tem mais onde se apoiar, essa energia se transforma em Energia Cinética.

A **Energia Potencial Gravitacional** é a **Energia** que se armazena, por causa da gravidade, de acordo com a altura que o objeto está do solo, e que se transforma em energia cinética quando o objeto cai. Para calcular a **Energia Potencial Gravitacional** de um corpo utilizamos a equação $E_{pg}=m.g.h$ onde m representa a massa do objeto, g representa a aceleração da gravidade, e h representa a altura do objeto até o solo.

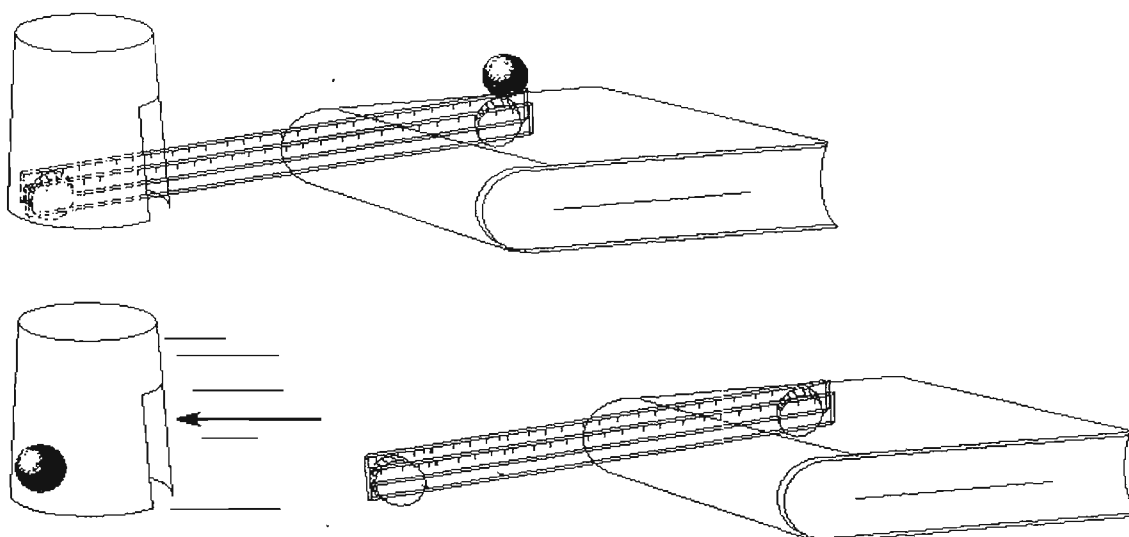
Assim sendo, ela é o “combustível” que nos permite realizar a tarefa “cair”.

Experimento para visualizar transformação de energia.

*O objetivo desse experimento é mostrar a **Energia Potencial Gravitacional** se transformando em **Energia Cinética**, e mostrar que a energia potencial gravitacional depende da altura.*

Tabela do Material

Ítem	Observações
copo plástico	Usamos um de 300ml.
2 tampinhas plásticas de refrigerante de dois litros ou 600ml	Serão usadas para manter separadas as duas réguas.
2 réguas de 30cm	Usa-se as duas réguas para formar a rampa de rolamento do sistema.
fita adesiva	
suportes	Qualquer material para elevação do sistema de réguas: livros, cadernos, lápis, etc...
bolinha	bolinha de vidro



Montagem

- ▲ Corte um quadrado de aproximadamente 3cm de largura por 6cm de altura junto à borda do copo plástico.
- ▲ Fixe, com fita adesiva, as tampas plásticas nas extremidades de uma das régua, de modo que fiquem alinhadas.
- ▲ Fixe a outra régua, horizontalmente, sobre a outra face das tampinhas. Esta junção das duas régua, separadas pelas tampinhas, fica parecendo uma canaleta.
- ▲ Para evitar que a bolinha ao rodar pela canaleta abra as duas régua, passe uma fita adesiva na parte de baixo da canaleta, de tal modo que as régua não possam ser abertas.
- ▲ Coloque o copo sobre uma das extremidades da régua sendo que o final da régua deverá tocar a face posterior do copo.
- ▲ Levante a outra extremidade da régua usando como suporte um livro.
- ▲ Coloque a bolinha de vidro no sulco da régua, na parte de cima do suporte.
- ▲ Libere a bolinha e observe o copo.
- ▲ Repita o procedimento usando diferentes suportes, que permitam diferentes alturas. Para cada suporte usado, marque e meça a distância atingida pelo copo.

- ▲ Discuta com seus amigos e com o professor qual a ligação desse fenômeno com as transformações de energias estudadas.

Fonte: <http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/mec28.htm>

6.1.2.2 ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA

Ainda pensando no exemplo do trapezista. Quando ele atinge a cama elástica, esta se deforma, amortecendo a queda até que o trapezista chegue ao repouso, mas, logo depois disso, notamos que ele é novamente lançado para o alto, e isso se repete algumas vezes até que ele pare de quicar. De onde veio a energia necessária para lançá-lo para cima?

Essa energia se armazenou na cama elástica no momento que ela sofreu deformação. No momento que o trapezista não tinha mais velocidade para continuar deformando a cama, a energia armazenada se transformou novamente em energia cinética, lançando-o para cima.

A Energia Potencial Elástica é a energia que se armazena em um corpo elástico (como uma mola ou um elástico) quando esse sofre uma deformação. Para calculá-la utilizamos a equação $E_{pe} = kx^2/2$, onde k representa a constante elástica da mola, e x representa a deformação sofrida pela mola.

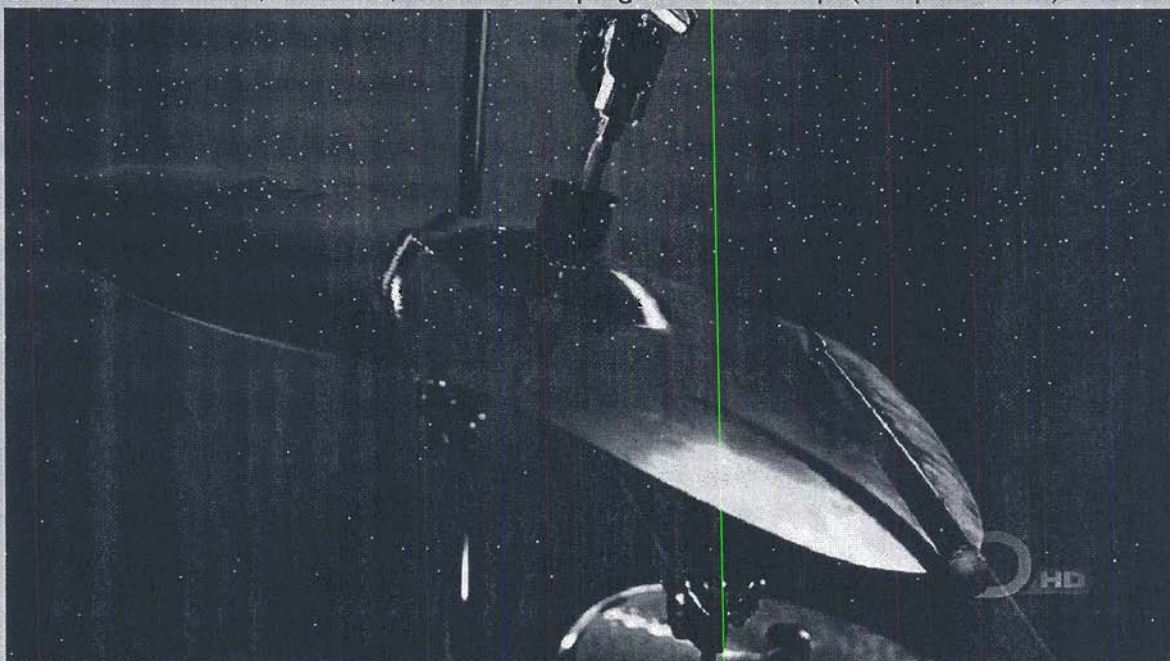
Essa energia permite lançar ou puxar um objeto, observamos isso em molas, estilingues e camas elásticas. *A Energia Potencial Gravitacional é o “combustível” que nos permite realizar a tarefa “lançar” ou “puxar”.*

Internetando

Procure no youtube por vídeos de colisões em câmera lenta. Você vai se impressionar ao descobrir que mesmo objetos duros e rígidos sofrem deformação e se dooram ao se chocar com outros objetos. Isso acontece por que em toda colisão, a energia nunca se transfere diretamente como energia cinética, ela passa antes pela fase de energia potencial elástica. Pesquise os vídeos abaixo, você vai achar inacreditável.

Sugestões:

"Time Warp – Baseball Bat", "Snare & Cymbal in Super Slow Motion", "Golf Ball hitting steel super slo mo". Procure também por outros vídeos de câmera lenta, pesquisando "câmera lenta", "slow motion", "slowmo", ou vídeos do programa "timewarp" (a supercâmera)



6.1.3 ENERGIA MECÂNICA

A energia mecânica é a energia total de movimento de um corpo. Para obtê-la, somamos a energia cinética com a energia potencial contida no corpo. Assim sendo, um objeto que tenha 100J de energia cinética, 20J de energia potencial gravitacional, e 60J de energia potencial elástica, tem no total $E_M = 100+20+60 = 180J$ de energia mecânica.

O conceito de energia mecânica é muito importante para o estudo do movimento dos corpos por seu caráter conservativo. Isso quer dizer que, se um corpo está livre de

forças que não sejam associadas a algum tipo de energia potencial, a energia mecânica total desse corpo permanece constante.

Quando algum tipo de energia potencial se transforma em energia cinética, ou vice-versa, ela se transforma integralmente, sem perdas, a não ser que haja alguma força não conservativa envolvida no processo.

Desse modo, o objeto do exemplo mencionado acima terá sempre 180J de energia mecânica, desde que sobre ele só ajam as forças gravitacional e elástica. Se em determinado momento sua energia cinética passar a ser 150J, sua energia potencial total será 30J, se em outro momento sua energia potencial for 140J, sua energia cinética será 40J, e assim por diante.

6.1.4 TRABALHO

Quando aplicamos uma ou mais forças sobre um objeto, essas forças podem alterar a velocidade dele, alterando, conseqüentemente, a energia cinética. **Quando uma força modifica a energia cinética de um corpo, chamamos essa variação de energia de Trabalho. $W = \Delta E_c$.**

Se sobre um corpo age um conjunto de forças, dizemos que a variação da energia cinética é o **Trabalho da Força Resultante**. Note que quem realiza trabalho são as forças, e não os corpos.

Pense, por exemplo, em uma bola de futebol que se move com 5J de energia cinética. Em determinado instante, um jogador chuta a bola, e no instante logo após o chute, essa passa a se mover com 12J de energia cinética. Nesse caso, dizemos que o **Trabalho** realizado pela força que o pé imprime na bola foi de 7J. Perceba que o trabalho realizado nesse exemplo foi capaz de aumentar a energia cinética da bola. Sempre que um trabalho aumenta a energia cinética de um corpo, o classificamos como **trabalho motor**.

Considere que essa bola viaja até o gol, onde o goleiro a segura, levando-a ao repouso. Nesse caso, a bola tinha 12J de energia cinética, e perdeu toda a energia ao ser parada. Dizemos que o trabalho da força que as mãos do goleiro imprime na bola foi de -12J, pois nesse caso houve perda da energia cinética, e não um acréscimo.

Sempre que uma força diminui a energia cinética de um corpo, classificamos o trabalho dessa força como **Trabalho Resistente**.

A seguir seria aplicada uma Lista de exercícios para fixação dos conceitos. O professor deve escolher os exercícios que o permitam aprofundar os conceitos estudados. Deveria ser sugerido, para casa, alguns exercícios e questões que permitissem os alunos melhor sedimentação dos conceitos. Principalmente questões abertas que os fizessem pensar sobre os conceitos. O professor poderia também realizar alguns experimentos demonstrativos, para melhor compreensão dos fenômenos envolvidos.

6.1.4.1 TRABALHO DAS FORÇAS PESO E ELÁSTICA

No capítulo anterior, vimos como as energias potenciais podem se transformar em energia cinética. Quando a energia potencial de um corpo diminui, sua energia cinética aumenta, e vice-versa.

No caso de um objeto que cai, a força peso é a força responsável pela transformação da energia potencial gravitacional em energia cinética. Neste caso, é a força peso quem realiza esse trabalho. Portanto, o trabalho da força peso faz crescer a energia cinética, através da perda de energia potencial gravitacional. Já que o trabalho é a variação da energia cinética de um corpo ($W = \Delta E_c$), podemos concluir que o trabalho da força peso é a variação da energia potencial gravitacional com sinal negativo. ($W_p = -\Delta E_{pg}$)

O mesmo raciocínio pode ser generalizado para qualquer tipo de energia potencial, seja ela elástica, elétrica, magnética ou outras. No caso da força elástica, podemos dizer que o trabalho da força elástica é a variação de energia potencial elástica com sinal negativo. ($W_{Fe} = -\Delta E_{pe}$) .

7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Resumindo, o conceito de Quantidade de Movimento poderia ser apresentado a partir de choques mecânicos, sem necessidade do estudo de forças nem vetores. Os choques poderiam ser estudados na prática, usando bolinhas em calhas, carrinhos de brinquedo, etc. As grandes vantagens são que: isso dá uma significância mais concreta para a grandeza e torna a aula mais participativa e animada, facilitando a produção de um conhecimento significativo.

A grandeza Impulso seria a variação de quantidade de movimento produzida num corpo, para que a definição fosse menos matemática e mais conceitual.

A Força se definiria sendo a “rapidez com que o impulso é aplicada” dando uma definição mais precisa de que a clássica (já que a definição clássica serve também para a grandeza Impulso).

A maior vantagem de ter as definições dessa maneira, é que se pode formar uma analogia com as próximas 3 definições, e com as definições aprendidas na cinemática, tornando mais fácil o entendimento e servindo como método mnemônico para as fórmulas, como já foi apresentado no capítulo 4.

Da mesma forma, apresentaríamos a Energia Cinética como “energia do movimento”, o Trabalho como sendo “variação da energia cinética produzida por uma ou mais forças.”, para acabar com o clássico conceito vazio de “produto da força pelo deslocamento”, e potência como “rapidez com que o trabalho é aplicado”.

Essa ordem torna os conceitos mais concretos, torna o ensino mais coerente, já que segue sempre a mesma ordem (grandeza, variação, e taxa de variação) em todos os conceitos estudados, os deixa organizados de acordo com a dificuldade matemática de cada conceito, e segue a ordem histórica, permitindo que o aluno tenha um melhor entendimento da história da física.

Essa proposta pode, no futuro, ser utilizada para a produção de material didático, seguindo o modelo estrutural sugerido. Dessa maneira, para testar a eficácia da proposta, o material deve ser utilizado em salas de aula, e o desempenho das turmas comparado ao desempenho de outras que utilizem o material clássico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, B. **Livro Didático: análise e seleção**. In MOREIRA, M. A.; AXT, R. (orgs.). **Tópicos atuais em ensino de Ciências**. Porto Alegre. Sagra, 1991, p. 18-46.
- BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+: Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, 2002.
- DANTAS, C.R., NOBRE, F.A.; **Uma Sequencia Lógica e Conceitual do Ensino da Mecânica; Atas do XVII SNEF**, Manaus, 2011
- GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. **Física 1: mecânica**. 5ª Edição. São Paulo: Edusp, 2002.
- Máximo, A., Alvarenga B.; **Curso de Física Volume 1**; 1ª Edição, São Paulo; Editora Scipione; 2011
- MOREIRA, Marco A.; AXT, Rolando. **O livro didático como veículo de ênfases curriculares no Ensino de Física**. Revista de Ensino de Física, São Paulo: SBF, v.8, n.1, 1986, p. 33-48.
- RAMALHO, F. J., FERRARO, N. G., SOARES, P.A.T.; **Os Fundamentos da Física Volume 1**; 8ª Edição; São Paulo; Editora Moderna; 2004
- Sant'Anna, B., Martini G., Carneiro, H., Spinelli, W.; **Conexões com a Física Volume 1** ; 1ª Edição; São Paulo; Editora Moderna; 2010
- Torres, C. M. A.; Ferraro N.G.; Soares, P. A.; **Física Ciência e Tecnologia Volume 1**; 2ª edição; São Paulo; Editora Moderna; 2010
- UNESP. Faculdade de Ciências. Experimentos de Física. **Conservação de Energia I.**; disponível em <http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/mec28.htm>; acesso agosto 2012